

TEMAT SPECJALNY: PRZESŁONY PRZECIWFILTRACYJNE

PRZESŁONY PRZECIWFILTRACYJNE

- ROZWIĄZANIA TYMCZASOWE I DOCELOWE



MACIEJ KRÓL
Keller Polska

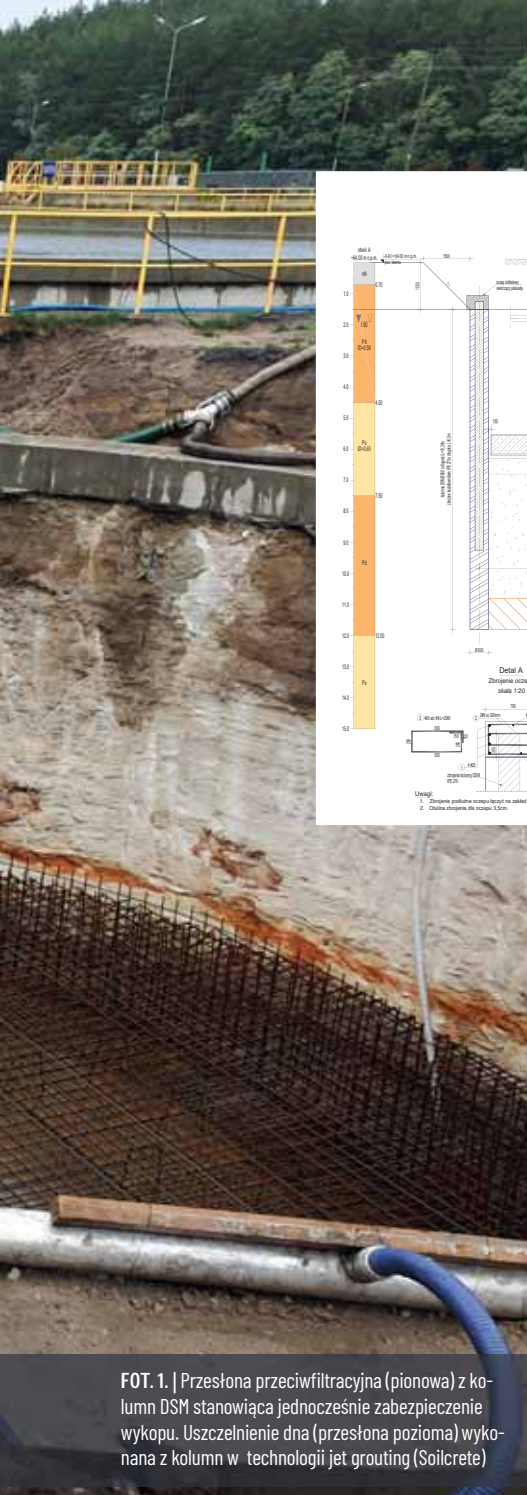
Znaczną część projektów realizowanych przez przedsiębiorstwa geotechniczne stanowią przesłony przeciwfiltracyjne. Budowa wałów przeciwpowodziowych, elementów towarzyszących budowlom hydrotechnicznym czy realizacja kondygnacji podziemnych przy wysokim poziomie zwierciadła wody gruntowej wymaga stosowania przesłon

Podstawowym zadaniem przesłony przeciwfiltracyjnej jest ograniczenie napływu wody do wykopu. Najczęściej realizowane są przesłony pionowe, które po odpowiednim zagłębieniu w warstwy gruntów nieprzepuszczalnych stanowią skuteczną barierę dla filtracji wody. Zabezpieczenia realizuje się za pomocą palisad lub ścian kopanych gębiarkami. Keller Polska posiada bardzo duże doświadczenie w realizacji przesłon w technologii kolumn DSM (ang. *Deep Soil Mixing*), które skutecznie zabezpieczają przed napływem

wody gruntowej. Materiałem palisady jest cementogrunt, który powstaje poprzez zmieszanie zaczynu cementowego (lub innego materiału o niskim współczynniku filtracji przeznaczonego do wykonywania zawieszin twardniejących) z gruntem rodzimym. W celu zapewnienia odpowiedniej szczelności połączeń pomiędzy poszczególnymi kolumnami stosuje się podwójne zestawy urządzeń mieszających (tzw. padli) oraz właściwy system wiercenia kolumn gwarantujący zwiększoną jednorodność palisady.

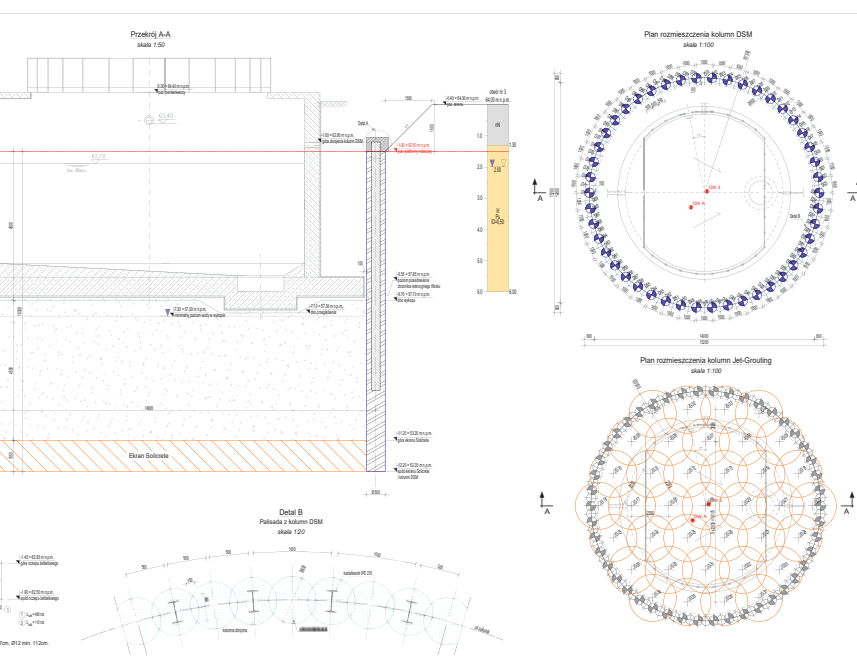
KOLUMNY DSM I PALE VDW

Technologia kolumn DSM znakomicie sprawdza się w gruntach mineralnych, których urabianie nie wymaga stosowania dodatkowych narzędzi wiertniczych. W przypadku wykonywania przesłony przeciwfiltracyjnej w spękanych gruntach skalistych o wysokiej wytrzymałości należy stosować sprzęt umożliwiający wiercenie w skałach. W takich realizacjach zastosowanie znajduje sprawdzona technologia VDW, która polega na wykonywaniu pali ze-



FOT. 1. | Przesłona przeciwfiltracyjna (pionowa) z kolumn DSM stanowiąca jednocześnie zabezpieczenie wykopu. Uszczelnienie dna (przesłona pozioma) wykonana z kolumn w technologii jet grouting (Soilcrete)

stawem złożonym ze świdra oraz rury. Każdy z tych elementów wyposażony jest w koronki umożliwiające wiercenie w gruntach skalistych. Gotową przesłonę stanowi palisada składająca się z wzajemnie pozaczynanych między sobą pali. W celu uzyskania wymaganej szczelności należy właściwie zaprojektować odległości między sąsiednimi elementami, mając na uwadze warunki gruntowe, w jakich wykonywana będzie przesłona. Bardzo duży wpływ na szczelność ma dokładność wykonania pali, dlatego, aby zminimalizować odchyłki reali-



RYS. 1. | Rzut rozmieszczenia kolumn wraz z przekrojem przez przesłonę pionową (DSM) oraz poziomą (Soilcrete)

zacyjne, w pierwszej kolejności wykonuje się żelbetowe murki prowadzące zapewniające właściwe zacięcie elementów. Najczęściej stosowanym materiałem do wykonywania przesłon w technologii VDW jest beton lub gotowe mieszanki przeznaczone do wykonywania zawieszin twardniejących.

PIONOWE I POZIOME PRZESŁONY PRZECIWFILTRACYJNE

Pionowe przesłony przeciwfiltracyjne są wystarczającym sposobem zabezpieczenia przed napływającą wodą gruntową przy stosunkowo płytko zalegających warstwach gruntów nieprzepuszczalnych. Gdy warstwa gruntów spoistych znajduje się na znacznej głębokości, wykorzystanie wyłącznie przesłony pionowej może być nieuzasadnione technicznie i ekonomicznie. W takich sytuacjach należy zastosować poziomy ekran przeciwfiltracyjny, który w połączeniu z pionową obudową skutecznie ograniczy dopływ (poziomy i pionowy) wody gruntowej do wykopu. Ekran poziomy wykonuje się za pomocą iniekcji wysokociśnieniowej jet grouting (Soilcrete®), która polega na mieszaniu zaczynu cementowego pod wysokim ciśnieniem z gruntem rodzimym. Istotnym aspektem przy projektowaniu przesłon poziomych

jest odpowiednie rozmieszczenie elementów z uwzględnieniem możliwych odchyłek wykonawczych, jak również dobór jak największych pojedynczych elementów. Dzięki temu zmniejsza się ryzyko powstania nieszczelności. Obecnie kolumny realizowane przez Keller Polska przekraczają średnicę 4 m, a ekrany złożone z takich elementów charakteryzują się wysoką szczelnością.

Projektowanie i wykonywanie konstrukcji geotechnicznych zabezpieczających obiekty przed działaniem wód gruntowych zarówno na etapie budowy, jak i eksploatacji, jest procesem złożonym i wymagającym dużego doświadczenia. Margines błędów jest niewielki, a usuwanie ewentualnych nieprawidłowości niezwykle kosztowne i czasochłonne. W związku z tym istotne jest, aby specjalistyczne prace wykonywane były przez najbardziej doświadczonych przedsiębiorstwa, dysponujące odpowiednim zapleczem sprzętowym. Należy również pamiętać, że tak złożonego zagadnienia nie sposób opisać w krótkim artykule, ponieważ każdy projekt należy analizować indywidualnie. W każdym przypadku polecamy kontakt z przedstawicielami Keller Polska, którzy chętnie podzielą się doświadczeniami i posłużą cennymi radami. |

PRZESŁONY PRZECIWFILTRACYJNE – WYBRANE REALIZACJE (MATERIAŁY KELLER POLSKA)



GDYNIA, AWANPORT

W Gdyni, w Śródmieściu, między ulicami Żeromskiego i św. Wojciecha, budowano obiekt mieszkalno-usługowy z jedną kondygnacją podziemną. Firma Keller Polska odpowiadała za zaprojektowanie i wykonanie kompleksowych prac geotechnicznych związanych z zabezpieczeniem głębokiego wykopu budowlanego. Wysoki poziom wody gruntowej oraz brak warstwy słabo przepuszczalnej wymusiły konieczność wykonania części podziemnej budynku w obudowie ze ścian szczelinowych, które w połączeniu z poziomą przesłoną przeciwnfiltracyjną miały za zadanie ograniczyć filtrację wody do wnętrza wykopu.

Wysokość kondygnacji podziemnej pozwoliła na zaprojektowanie wspornikowych ścian szczelinowych. Wyjątkiem były miejsca, w których (w płycie fundamentowej przy ścianie szczelinowej) znajdowały się przegłębienia o dużej powierzchni (różnica wysokości na poziomie 1,5–2 m). W takich miejscach, w celu ograniczenia przemieszczeń ściany szczelinowej, zaprojektowano tymczasową stalową konstrukcję rozparcia. Poziomą przesłonę wykonano na głębokości zapewniającej zrównoważenie sił wyporu poprzez ciężar samej przesłony wraz z ciężarem zalegającego na niej gruntu.

FOT. 2. | Budowa na skrzyżowaniu ulic Żeromskiego i św. Wojciecha w Gdyni: (u góry) widok wykopu po wykonaniu warstwy chudego betonu; (na dole) widok wykopu po wykonaniu warstwy chudego betonu oraz poziomej przesłony przeciwnfiltracyjnej wykonanej w technologii Soilcrete

GDĄŃSK, GRANARIA

W prestiżowym i historycznym centrum Gdańska, na Wyspie Spichrzów, w ramach budowanego przez dwóch inwestorów zespołu apartamentowo-hotelowego Granaria, należało kompleksowo wykonać obudowę wykopów, pochwylenie zabytkowych murów oraz posadowienie nowych budynków. Praca na jednej budowie na podstawie dwóch umów wymagała nietypowej koordynacji i zarządzania oraz dobrej współpracy wszystkich stron. Poza skomplikowaną logistyką, zadania nie ułatwiał także fakt, że prowadząc roboty, należało uwzględnić obecność zabytkowych murów i znajdującego się w sąsiedztwie spichlerza DEO oraz uniknąć kolizji z elementami kotwiącymi nabrzeży, które otaczają obiekty Granarii z trzech stron.

Wyzwaniem projektowym i wykonawczym były trudne warunki geotechniczne, w tym wysoki poziom wody gruntowej i obecność gruntów organicznych. Wykop dla dwóch kondygnacji podziemnych wykonano z zastosowaniem ścian szczelinowych i metody podstropowej: w dnie wykopu, około 6 m poniżej zwierciadła, zastosowano przesłonę przeciwnfiltracyjną Soilcrete. Funkcję elementów kotwiących przeciwdziałających wyporowi wody pełniły tymczasowe słupy stropu. W ramach tego zlecenia pierwotnie miały być zastosowane tylko pale CFA, jednak powstała konieczność skorygowania tych planów. W rejonie zabytkowych murów, które utrudniały dojazd i pracę dużych wiertnic, wykorzystano mikropale iniekcyjne. Z kolei tam, gdzie w gruncie zostały stare fundamenty (i inne przeszkody), a także między kotwami nabrzeża, lepszym rozwiązaniem od pali CFA były pale wiercone świdrem ciągłym w osłonie rurowej typu VDW.

ZBIORNIK PRZECIWPOWODZIOWY

Zbiornik ten ma zapewnić bezpieczeństwo ponad 1,3 mln osób zamieszkujących miasta i wsie położone w dolinie Odry, od Raciborza aż po Wrocław, na obszarze o powierzchni 600 km². Wymiary zbiornika to około 9 x 4 km, całkowita długość obwałowań wynosi ponad 22 km, a objętość teoretyczna – 185 mln m³. W 2018 r. firma Keller Polska pozyskała kolejne zlecenie w ramach tej inwestycji: zadanie polegało na wykonaniu 203 tys. m² przesłony przeciwnfiltracyjnej w technologii ściany szczelinowej. W takiej technologii takiego zakresu przesłony nikt wcześniej w Polsce nie zrealizował.

Prace z tym związane rozpoczęły się w marcu 2018 r. od wykonania poletka próbnego w celu potwierdzenia parametrów mieszanki oraz uzyskania certyfikacji Zakładowej Kontroli Produkcji w systemie 2+. Zasadnicze roboty ruszyły w sierpniu 2018 r. Wykorzystywano wtedy jeden zestaw urządzeń do wykonywania przesłony, z czasem zwiększając liczbę do trzech. W szczytowym momencie powstawało 6 tys. m² przesłony tygodniowo. Całość inwestycji objęła odcinki o łącznej długości ponad 22 km, w tym: 8,5 km zapory lewej, 9 km zapory prawej, 4,5 km zapory czółtowej. Głębokość przesłony wyniosła 7–22 m (średnia: 11 m). Prace przebiegały w ten sposób, że najpierw generalny wykonawca zajął



RACIBÓRZ DOLNY

się sypaniem nasypu korpusu podstawowego do rzędnej 196 (przesłony wykonywano u podstaw). Kiedy proces osiadania i konsolidacji gruntu dobiegł końca, można było zacząć realizować przesłonę. Potem generalny wykonawca łączył ją z barierą przeciwnapływającą na zboczu nasypu, montując membranę bentonitową.

W ramach tego zlecenia jako zawieszinę firma Keller Polska wykorzystała własną mieszankę, opartą na cemente, popiołach lotnych, bentonicie i żużlu, którą może modyfikować zależnie od potrzeb i panujących warunków. Największym wyzwaniem okazał się obszar budowy (problemy logistyczne i transportowe). Zorganizowano trzy zaplecza, a w zasadzie małe wytwórnie, w skład których wchodziły np. stacje pomp, silosy, mieszalniki, magazyny z częściami zamiennymi. Co znamienne, jeden cementowóz przywoził 28 ton mieszanki, a dostawy musiały się odbywać co 3–4 godziny. W sumie wykorzystano 220 tys. m³ mieszanki cementowo-bentonitowej. Przesłony powstawały do połowy 2019 r.

Na budowie zbiornika Racibórz Dolny firma Keller Polska pracuje już od 2014 r. W latach 2014–2016 zrealizowała kolumny żwirowe KSS. W 2017 r. odpowiadała głównie za kolumny KSS, kolumny jet grouting oraz roboty ziemne (nasypy hydrotechniczne, wykopy).

POZNAŃ, BUDOWA ZESPOŁU MIESZKALNEGO Z GARAZEM PODZIEMNYM

Zadaniem firmy Keller Polska było wykonanie tymczasowej przesłony przeciwnapływającej dla umożliwienia wykonania wykopu budowlanego oraz zabezpieczenia przed bocznym napływem wody gruntowej. W tym przypadku podjęto decyzję o budowie palisady z kolumn DSM o średnicy 60 cm, zbrojonych kształtownikiem stalowym. Palisadę wykonywano przy użyciu podwójnego urządzenia mieszającego. Prace trwały trzy tygodnie. Było to najlepsze rozwiązanie z uwagi na warunki gruntowe i cenę.

GDYNIA, NOVA ŻEROMSKIEGO

Prace w ramach inwestycji o nazwie Nova Żeromskiego zostały zrealizowane w 2018 r. w Śródmieściu. Była to ponadprzeciętnie mała budowa, jak na realizację technologii ścian szczelinowych. Ze względu na bliskość sąsiedniej zabudowy mieszkalnej oraz konieczność optymalnego wykorzystania przestrzeni użytkowej garażu podziemnego, na części zakresu wykonano obudowę w postaci ściany szczelinowej o grubości 50 cm, którą, po zakończeniu stanu „zero”, należało skuć do oczekiwanej przez architekta grubości. Gabaryty koszy zbrojeniowych dostosowano do planowanych zabiegów oraz do wymogów technologicznych. Rozwiązanie łączące ściany szczelinowe i poziomą przesłonę przeciwnapływającą okazało się, nie pierwszy już raz, skuteczne.

GDYNIA, BANK POLSKI 1929

Inwestycja o nazwie Bank Polski 1929 w centrum Gdyni, w pobliżu Dworca Głównego, to kolejny przykład realizacji głębokiego wykopu w zwartej zabudowie miejskiej. W bezpośrednim sąsiedztwie zabytkowego czterokondygnacyjnego gmachu Banku Polskiego, na zlecenie Moderna Holding, wykonano ścianę szczelinową o grubości 60 cm. Stanowiła ona obudowę głębokiego wykopu oraz docelową żelbetową ścianę dwukondygnacyjnego garażu podziemnego. Stateczność została zapewniona poprzez zastosowanie tymczasowej stalowej konstrukcji rozparcia w dwóch poziomach. W celu ograniczenia napływu wód gruntowych do wnętrza wykopu przez jego dno wykonano poziomą przesłonę przeciwnapływającą na całym zakresie wykopu.

Ze względu na bezpośrednią bliskość zabytkowego gmachu Banku Polskiego przy budynku zaprojektowano sekcje ścian szczelinowych o długości zapewniającej zachowanie stateczności ścian wykopu szczelinowego, a co za tym idzie, minimalizujące osiadanie technologiczne obiektu.

FOT. 3. | W trakcie realizacji przesłony należało uwzględnić obecność zabytkowych murów

FOT. 4. | Widok zaplecza powstałego na potrzeby realizacji przesłony przeciwnapływającej

FOT. 5. | Zabezpieczenia wykopu na potrzeby realizacji zespołu budynków mieszkalnych wraz z podziemnym garażem

FOT. 6. | Widok z okna Budynku Banku Polskiego: (u góry) widok na plac budowy, głębiarkę oraz zaplecze technologiczne; (na dole) widok na plac budowy, głębiarkę oraz zaplecze technologiczne